

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-211796

(43)Date of publication of application : 20.08.1993

(51)Int.Cl.

H02P 6/02

(21)Application number : 04-015577

(71)Applicant : DAIKIN IND LTD

(22)Date of filing : 30.01.1992

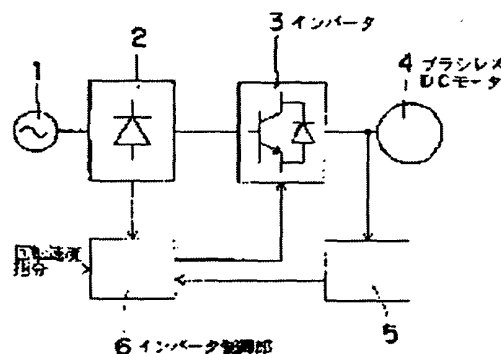
(72)Inventor : OYAMA KAZUNOBU
YAMAGIWA AKIO

(54) METHOD AND DEVICE FOR DRIVING BRUSHLESS DC MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the efficiency of a brushless DC motor and at, the same time, to drive the motor at a high speed by controlling the output current or voltage of an inverter so that the phase of the armature current of the brushless DC motor can lead that of an induced voltage.

CONSTITUTION: A controller obtains a DC voltage by supplying AC power 1 to a converter 2 or a three-phase AC voltage by supplying the power 1 to an inverter 3 and applies the DC or AC voltage across the armature winding of a brushless DC motor 4. When an inverter control section 6 supplies a prescribed control signal to the inverter 3, a rotor can be rotated, since the inverter 3 supplies a prescribed AC current to the armature winding of the motor 4 in response to the control signal. When the AC current is supplied to the armature winding from the inverter 3, the operating range of the motor 4 can be expanded to a high-speed rotating region and the efficiency and rotating speed of the motor 4 can be improved, since the armature current supplied to the armature winding is set so that its phase can lead that of the induced voltage of the motor 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.11.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.06.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3183356

[Date of registration] 27.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-18174

[Date of requesting appeal against examiner's 15.11.1999
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-211796

(43)公開日 平成5年(1993)8月20日

(51)Int.Cl.⁵

H02P 6/02

識別記号

351 N 8527-5H

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数13(全 17 頁)

(21)出願番号 特願平4-15577

(22)出願日 平成4年(1992)1月30日

(71)出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72)発明者 大山 和伸

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

(72)発明者 山際 昭雄

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

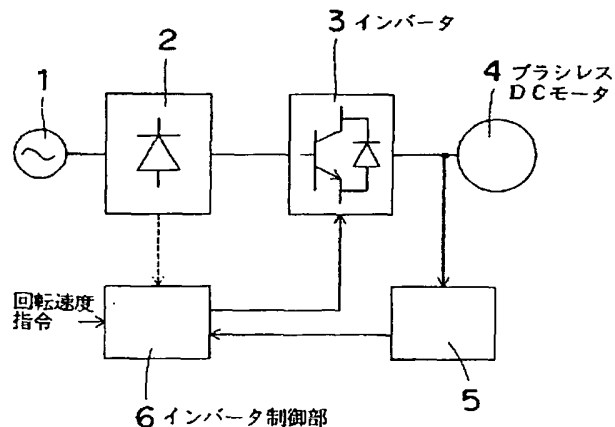
(74)代理人 弁理士 津川 友士

(54)【発明の名称】 ブラシレスDCモータ駆動方法およびその装置

(57)【要約】

【目的】 ブラシレスDCモータの高速回転を達成する。

【構成】 インバータ制御により電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるように制御し、ブラシレスDCモータの誘起電圧を低減して高速回転を達成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転子鉄心(42a)に永久磁石(42b)を設けてなる回転子(42)と電機子鉄心に三相巻線を設けてなる電機子(41)とを有するブラシレスDCモータ(4)の前記三相巻線に供給する三相交流電流をインバータ(3)により制御する駆動方法であって、ブラシレスDCモータ(4)の電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータ(3)の出力電流あるいは電圧を制御することを特徴とするブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項2】 ブラシレスDCモータ(4)が、回転子鉄心(42a)に永久磁石(42b)を埋込んでなる回転子(42)を有するものである請求項1に記載のブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項3】 ブラシレスDCモータ(4)が圧縮機を駆動するものである請求項1または請求項2に記載のブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項4】 回転子鉄心(42a)に永久磁石(42b)を設けてなる回転子(42)と電機子鉄心に三相巻線を設けてなる電機子(41)とを有するブラシレスDCモータ(4)の前記三相巻線に供給する三相交流電流をインバータ(3)により制御する駆動装置であって、ブラシレスDCモータ(4)の電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータ(3)の出力電流あるいは電圧を制御するインバータ制御手段(6)を含むことを特徴とするブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項5】 インバータ制御手段(6)が、ブラシレスDCモータ(4)の回転子の回転位置および回転速度を検出する回転子位置・速度検出手段(51)(52)と、ブラシレスDCモータ(4)の回転速度に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段(67)と、ブラシレスDCモータ(4)に対する回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および出力された進み位相角を入力としてインバータ(3)に供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段(66)とを含んでいる請求項4に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項6】 インバータ制御手段(6)が、ブラシレスDCモータ(4)の回転子の回転位置および回転速度を検出する回転子位置・速度検出手段(51)(52)と、ブラシレスDCモータ(4)の回転速度に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段(67)と、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差に基づいて、出力された進み位相角を補正する進み位相角補正手段(68)(69)と、補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように制限する進み位相角制限手段(70)と、ブラシレスDCモータ(4)に対する回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および補正され、かつ必要に応じて制限された進み位相角を入力としてインバータ(3)に供給すべきスイッチング指令を出力す

るスイッチング指令出力手段(66)とを含んでいる請求項4に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項7】 コンバータ(2)の通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別する電流垂下要否判別手段(61)(62)をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段(68)(69)が、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差および電流垂下要否判別結果に基づいて、出力された進み位相角を補正するものである請求項6に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項8】 コンバータ(2)の通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別して回転速度指令を補正する回転速度指令補正手段(61)(62)(63)をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段(68)(69)が、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差およびコンバータ(2)の通電電流に基づいて、出力された進み位相角を補正するものである請求項6に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項9】 インバータ制御手段(6)が、回転速度指令に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段(67)と、回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および出力された進み位相角を入力としてインバータ(3)に供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段(66)(72)とを含んでいる請求項4に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項10】 インバータ制御手段(6)が、回転速度指令に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段(67)と、回転速度指令に対するインバータ(3)の出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差に基づいて、出力された進み位相角を補正する進み位相角補正手段(68)(69)(73)と、補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように制限する進み位相角制限手段(70)と、回転速度指令および補正され、かつ必要に応じて制限された進み位相角を入力としてインバータ(3)に供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段(66)(71)

(72)とを含んでいる請求項4に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項11】 コンバータ(2)の通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別する電流垂下要否判別手段(61)(62)をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段(68)(69)(73)が、回転速度指令に対するインバータ(3)の出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差および電流垂下要否判別結果に基づいて、出力された進み位相角を補正するものである請求項10に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項12】 コンバータ(2)の通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別して回転速度指令を補正する回転速度指令補正手段(61)(62)(63)をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段(68)(69)(73)が、回転速度指令に対するインバータ

(3) の出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差およびコンバータ(2)の通電電流に基づいて、出力された進み位相角を補正するものである請求項10に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項13】 ブラシレスDCモータ(4)が、回転子鉄心(42a)に永久磁石(42b)を埋込んでなる回転子(42)を有するものである請求項4から請求項12の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明はブラシレスDCモータ制御方法およびその装置に関し、さらに詳細に言えば、回転子鉄心に永久磁石を設けてなる回転子と電機子鉄心に三相巻線を設けてなる電機子とを有するブラシレスDCモータを制御するための方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から圧縮機駆動用のモータとして、商用周波数の交流電圧で駆動できること、および全体として堅牢さを簡単に達成できること、インバータを用いてモータに印加する電源の周波数および電圧を同時に変化させることにより回転数を変化できること等の利点に着目して、一般的に誘導モータが採用されているが、誘導モータはその構成上、二次入力に対する機械出力の割合が(1-s)になることが知られており、余り高効率の運転を行なうことができない。ここでsはすべりであり、二次側(回転子)に電流が流れることに起因する損失である二次銅損の割合を示す。

【0003】ところで、近年に至って、誘導モータよりも高効率のモータを用いて圧縮機を駆動することが強く要望されるようになってきており、また、保磁力が大きくかつ安価なフェライト磁石さらには希土類磁石が提供されるようになってきたことから、上記要望を満足するために、回転子鉄心に永久磁石を設けてなる回転子と電機子鉄心に三相巻線を設けてなる電機子とを有するブラシレスDCモータを採用し、インバータによりブラシレスDCモータに印加する電源の周波数および電圧を制御して可変速運転を達成する試みが行なわれている。即ち、ブラシレスDCモータは誘導モータと異なり、回転子が巻線を有しておらず、回転子側に電流が流れないので、二次銅損が0になり、二次銅損が0になる分だけ高効率化が達成できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のブラシレスDCモータ制御方法を採用した場合には、ブラシレスDCモータの特性上、誘起電圧がインバータの最大出力電圧に近づく高速回転領域において出力が急激に低下するので圧縮機を運転できなくなってしまう。特に、空気調和機の圧縮機を駆動する場合には、高効率化のみならず、速暖性・最大能力等も強く要望されるのであるから、ブラ

シレスDCモータの高速回転領域で圧縮機を駆動しなければならない。

【0005】したがって、これらの点を考慮すれば、ブラシレスDCモータの誘起電圧を低く設定しなければならないことになり、誘起電圧を低く設定すれば、ブラシレスDCモータの電流が増加し、定格点での効率が低下してしまうという不都合がある。さらに詳細に説明すると、回転子鉄心の周縁に永久磁石を貼り付けてなる回転子を有するブラシレスDCモータの特性は図22に示すとおりであり、縦軸がモータの誘起電圧および出力であり、横軸がモータの回転数である。また、空気調和機の圧縮機を駆動する場合を考慮して暖房定格および冷房定格を示している。

【0006】図22から明らかなように、モータの誘起電圧は回転数に比例して増加するが、モータの出力は、モータの誘起電圧がインバータの最大電圧と等しくなる回転数(以下、最高回転数と称する)に近づくまでは回転数にほぼ比例して増加し、それ以後は急激に減少する。したがって、暖房定格を、モータ出力が減少しはじめる回転数よりも低い回転数に設定しなければならない。しかし、ブラシレスDCモータは最高回転数までしか運転できないのであるから、インバータ制御による一時的な高速運転を行なうことができず、運転範囲が狭くなってしまう。このような不都合を解消するために図23に示すように最高回転数を高く設定すると、図22の特性と比較して同じ回転数におけるモータの誘起電圧が低くなり、効率が悪くなるという不都合がある。図24は回転数の変動に対応するモータの効率を示す図であり、最高回転数を高く設定して運転範囲を拡大した場合に効率が低下することが分る。

【0007】尚、以上にはブラシレスDCモータを用いて圧縮機を駆動する場合について説明したが、他の用途にブラシレスDCモータを用いる場合にも同様の不都合が生じる。

【0008】

【発明の目的】この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、ブラシレスDCモータの高効率化を達成するとともに、高速回転を達成できるブラシレスDCモータ制御方法およびその装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための、請求項1のブラシレスDCモータ制御方法は、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータの出力電流あるいは電圧を制御する方法である。請求項2のブラシレスDCモータ制御方法は、回転子鉄心に永久磁石を埋込んでなる回転子を有するブラシレスDCモータを用いる方法である。

【0010】請求項3のブラシレスDCモータ制御方法は、ブラシレスDCモータにより圧縮機を駆動する方法

である。請求項4のブラシレスDCモータ制御装置は、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータの出力電流あるいは電圧を制御するインバータ制御手段を含んでいる。

【0011】請求項5のブラシレスDCモータ制御装置は、インバータ制御手段として、ブラシレスDCモータの回転子の回転位置および回転速度を検出する回転子位置・速度検出手段と、ブラシレスDCモータの回転速度に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、ブラシレスDCモータに対する回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および出力された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含んでいるものを用いている。

【0012】請求項6のブラシレスDCモータ駆動装置は、インバータ制御手段として、ブラシレスDCモータの回転子の回転位置および回転速度を検出する回転子位置・速度検出手段と、ブラシレスDCモータの回転速度に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差に基づいて、出力された進み位相角を補正する進み位相角補正手段と、補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように制限する進み位相角制限手段と、ブラシレスDCモータに対する回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および補正され、かつ必要に応じて制限された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含んでいるものを用いている。

【0013】請求項7のブラシレスDCモータ駆動装置は、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別する電流垂下要否判別手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差および電流垂下要否判別結果に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いている。

【0014】請求項8のブラシレスDCモータ駆動装置は、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別して回転速度指令を補正する回転速度指令補正手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差およびコンバータの通電電流に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いている。

【0015】請求項9のブラシレスDCモータ駆動装置は、インバータ制御手段として、回転速度指令に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および出力された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含むものを用いている。

【0016】請求項10のブラシレスDCモータ駆動装

置は、インバータ制御手段として、回転速度指令に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、回転速度指令に対するインバータの出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差に基づいて、出力された進み位相角を補正する進み位相角補正手段と、補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように制限する進み位相角制限手段と、回転速度指令および補正され、かつ必要に応じて制限された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含むものを用いている。

【0017】請求項11のブラシレスDCモータ駆動装置は、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別する電流垂下要否判別手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対するインバータの出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差および電流垂下要否判別結果に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いている。

【0018】請求項12のブラシレスDCモータ駆動装置は、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別して回転速度指令を補正する回転速度指令補正手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対するインバータの出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差およびコンバータの通電電流に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いている。

【0019】請求項13のブラシレスDCモータ制御装置は、ブラシレスDCモータとして、回転子鉄心に永久磁石を埋込んでなる回転子を有するものを用いている。

【0020】

【作用】請求項1のブラシレスDCモータ制御方法であれば、回転子鉄心に永久磁石を設けてなる回転子と電機子鉄心に三相巻線を設けてなる電機子とを有するブラシレスDCモータの前記三相巻線に供給する三相交流電流をインバータにより制御する場合に、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータの出力電流あるいは電圧を制御するのであるから、誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。

【0021】請求項2のブラシレスDCモータ制御方法であれば、ブラシレスDCモータが、回転子鉄心に永久磁石を埋込んでなる回転子を有するものであるから、誘起電圧を大巾に低減でき、この結果、より高速の回転を達成できる。請求項3のブラシレスDCモータ制御方法であれば、ブラシレスDCモータが圧縮機を駆動するものであるから、定格回転数を従来の制御による最高回転数の60%以上にでき、圧縮機駆動の高効率化を達成できる。

【0022】請求項4のブラシレスDCモータ制御装置であれば、回転子鉄心に永久磁石を設けてなる回転子と電機子鉄心に三相巻線を設けてなる電機子とを有するブ

ラシレスDCモータの前記三相巻線に供給する三相交流電流をインバータにより制御する場合に、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータ制御手段によりインバータの出力電流あるいは電圧を制御するのであるから、誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。

【0023】請求項5のブラシレスDCモータ制御装置であれば、インバータ制御手段として、ブラシレスDCモータの回転子の回転位置および回転速度を検出する回転子位置・速度検出手段と、ブラシレスDCモータの回転速度に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、ブラシレスDCモータに対する回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および出力された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含んでいるものを用いているので、ブラシレスDCモータの回転速度に対応して予め定められている進み位相角を進み位相角保持手段から出力し、出力された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。

【0024】請求項6のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、インバータ制御手段として、ブラシレスDCモータの回転子の回転位置および回転速度を検出する回転子位置・速度検出手段と、ブラシレスDCモータの回転速度に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差に基づいて、出力された進み位相角を補正する進み位相角補正手段と、補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように制限する進み位相角制限手段と、ブラシレスDCモータに対する回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および補正され、かつ必要に応じて制限された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含んでいるものを用いているのであるから、ブラシレスDCモータの回転速度に対応して予め定められている進み位相角を進み位相角保持手段から出力するだけでなく回転速度の偏差が正の状態か否かをも考慮して進み位相角補正手段により進み位相角を補正し、しかも補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように、必要に応じて進み位相角制限手段により進み位相角を制限して、補正されかつ必要に応じて制限された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。以上の説明から明らかなように、進み位相角保持手段に保持されている進み位相角が正確でない場合であっても、進み位相角補正手段により、正確な進み

位相角となるように補正するので、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を確実に誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。

【0025】請求項7のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別する電流垂下要否判別手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差および電流垂下要否判別結果に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いているので、電流垂下要否判別手段により電流垂下が不要であると判別された場合には請求項6と同様の作用を達成でき、逆に、電流垂下が必要であると判別された場合には進み位相角補正手段により進み位相角が小さくなるように補正を行なうので、電流垂下を高速に、かつ高精度に達成できる。

【0026】請求項8のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別して回転速度指令を補正する回転速度指令補正手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対する実際の回転速度の偏差およびコンバータの通電電流に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いているので、電流垂下が必要であることを示す判別結果に基づいて回転速度指令補正手段により回転速度指令を低下させるべく補正することができるとともに、請求項6の作用に加えてコンバータ通電電流に基づいて進み位相角の補正も行なうのでコンバータ通電電流を最小とすべくインバータ制御を行ない、一層高効率のブラシレスDCモータの駆動を達成できる。

【0027】請求項9のブラシレスDCモータ制御装置であれば、インバータ制御手段として、回転速度指令に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、回転速度指令に基づいて定まる電圧指令および出力された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含むものを用いているのであるから、回転速度指令に対応して予め定められている進み位相角を進み位相角保持手段から出力し、出力された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。また、回転子の回転位置および回転速度を検出する機構、電気回路等を不要にできるので、構成を簡素化できる。

【0028】請求項10のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、インバータ制御手段として、回転速度指令に対応する進み位相角を出力する進み位相角保持手段と、回転速度指令に対するインバータの出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差に基づいて、出力された進

み位相角を補正する進み位相角補正手段と、補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように制限する進み位相角制限手段と、回転速度指令および補正され、かつ必要に応じて制限された進み位相角を入力としてインバータに供給すべきスイッチング指令を出力するスイッチング指令出力手段とを含むものを用いているのであるから、回転速度指令に対応して予め定められている進み位相角を進み位相角保持手段から出力するだけでなく回転速度の偏差が正の状態か否かをとも考慮して進み位相角補正手段により進み位相角を補正し、しかも補正された進み位相角が所定の進み位相角を越えないように、必要に応じて進み位相角制限手段により進み位相角を制限して、補正されかつ必要に応じて制限された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。以上の説明から明らかなように、進み位相角保持手段に保持されている進み位相角が正確でない場合であっても、進み位相角補正手段により、正確な進み位相角となるように補正するので、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を確実に誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できる。また、回転子の回転位置および回転速度を検出する機構、電気回路等を不要にできるので、構成を簡素化できる。

【0029】請求項11のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別する電流垂下要否判別手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対するインバータの出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差および電流垂下要否判別結果に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いているので、電流垂下要否判別手段により電流垂下が不要であると判別された場合には請求項10と同様の作用を達成でき、逆に、電流垂下が必要であると判別された場合には進み位相角補正手段により進み位相角が小さくなるように補正を行なうので、電流垂下を高速に、かつ高精度に達成できる。

【0030】請求項12のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、コンバータの通電電流に基づいて電流垂下の要否を判別して回転速度指令を補正する回転速度指令補正手段をさらに含んでいるとともに、進み位相角補正手段として、回転速度指令に対するインバータの出力周波数に基づいて定まる回転速度の偏差およびコンバータの通電電流に基づいて、出力された進み位相角を補正するものを用いているので、電流垂下が必要であることを示す判別結果に基づいて回転速度指令補正手段により回転速度指令を低下させるべく補正することができるとともに、請求項10の作用に加えてコンバータ通電電流に

基づいて進み位相角の補正をも行なうのでコンバータ通電電流を最小とすべくインバータ制御を行ない、一層高効率のブラシレスDCモータの駆動を達成できる。

【0031】請求項13のブラシレスDCモータ制御装置であれば、ブラシレスDCモータが、回転子鉄心に永久磁石を埋込んでなる回転子を有するものであるから、誘起電圧を大巾に低減でき、この結果、より高速の回転を達成できる。

【0032】

【実施例】以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。図1はこの発明のブラシレスDCモータ制御装置の一実施例を概略的に示すブロック図であり、交流電源1をコンバータ2に供給することにより直流電圧を得、さらにインバータ3に供給することにより三相交流電圧を得、ブラシレスDCモータ4の電機子巻線に供給している。そして、誘起電圧検出部5によりブラシレスDCモータの誘起電圧を検出して間接的に磁極位置を検出し、運転周波数指令値および誘起電圧検出部5からの検出信号を入力としてインバータ制御部6によりインバータ3に電流制御あるいは電圧制御、速度制御等を行なうためのインバータ制御信号を供給する。

【0033】図2はブラシレスDCモータ4の構成の一例を示す概略縦断面図であり、電機子鉄心に三相の電機子巻線を巻回してなる電機子41と、回転子鉄心42aの外周に少なくとも1対の永久磁石42bを設けてなる回転子42とを有しており、電機子巻線に周波数fの電源を供給することにより、 $120f/P$ （但し、Pは磁極数）で定まる速度で回転子42を回転させることができる。尚、永久磁石42bはフェライト磁石であってもよいが、希土類磁石であることが好ましい。

【0034】上記インバータ制御部6は、ブラシレスDCモータ4の電機子電流の位相を誘起電圧よりも進めるべくインバータ3の出力電流あるいは電圧を制御するものである。上記の構成のブラシレスDCモータ制御装置の作用は次のとおりである。インバータ制御部6によりインバータ3に所定の制御信号を供給すれば、制御信号に応答してインバータ3がスイッチング動作を行なって所定の交流電源をブラシレスDCモータ4の電機子巻線に供給し、ブラシレスDCモータ4の回転子42を回転駆動できる。この場合において、インバータ制御部6によって制御されるインバータ3によりブラシレスDCモータ4の電機子巻線に供給される電機子電流i_aの位相がブラシレスDCモータ4の誘起電圧の位相よりも進んだ状態に設定されるのであるから、ブラシレスDCモータ4をインバータ3により駆動することに起因して誘起電圧が低減され、誘起電圧がインバータの最大電圧と等しくなる回転数が増加されるので、運転範囲の拡大を達成できる。

【0035】さらに詳細に説明する。ブラシレスDCモータの電圧方程式は数1で表わされることが知られてい

る。

【0036】

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \omega \begin{bmatrix} -L_q i_q \\ \psi_a + L_d i_d \end{bmatrix}$$

【0037】但し、Rは電機子巻線抵抗、 i_d は電機子電流の直軸方向の電流、 i_q は電機子電流の横軸方向の電流、 v_d 、 v_q はそれぞれ対応する電圧、 L_d 、 L_q はそれぞれ対応するインダクタンス、 ω は回転角速度、 ψ_a は永久磁石による電機子鎖交磁束の実効値であり、誘起電圧の係数を表す。また、発生トルク τ は数2で表わされる。

【0038】

【数2】

$$\tau = P [\psi_a + (L_d - L_q) i_d] i_q$$

【0039】但し、Pは極対数である。また、インバー

$$|v_a|$$

$$= \{ (R i_q + \omega \psi_a + \omega L_d i_d)^2 + (R i_d - \omega L_q i_q)^2 \}^{1/2} \leq V_{omax}$$

【0042】但し、高効率化を目的とするブラシレスDCモータはRを可能な限り小さく設定しているのので、数4は数5に示すように近似できる。

$$|v_a| = \omega \{ (\psi_a + L_d i_d)^2 + (L_q i_q)^2 \}^{1/2} \leq V_{omax}$$

【0044】ところで、従来からブラシレスDCモータの制御方法として $i_d = 0$ 制御方法が一般的に採用され

$$\tau = P \psi_a i_q$$

$$|i_a| = |i_q| \leq I_{omax}$$

$$|v_a| = \omega \{ (\psi_a)^2 + (L_q i_q)^2 \}^{1/2} \leq V_{omax}$$

そして、一般的なブラシレスDCモータにおいては $\psi_a \gg L_q i_q$ であるから、回転数が高くなり、誘起電圧 $\omega \psi_a$ がインバータ3の最大出力電圧 V_{omax} に近づくとき図12に示すように急激に発生トルク τ が低下し、運転不能になってしまう（ここで、 $\omega \psi_a = V_{omax}$ となる回転数を ω_0 とする）。したがって、空気調和機の圧縮機駆動用としてブラシレスDCモータを用いる場合には、図23に示すように冷/暖房定格回転数を ω_0 よりも十分に低い値（一般的に ω_0 の約60%以下の値）に設定しており、ブラシレスDCモータ自体は高効率の運転が可能であっても、実際上は冷/暖房定格点近傍では余り効率の高い運転を行なうことができなかった。

【0045】しかし、この実施例においては、電機子電流 i_a の位相を誘起電圧の位相よりも進めているので、 i_d が負になり、数5から分るように、 $(\psi_a + L_d i_d) < \psi_a$ とすることができ、 $|v_a| = V_{omax}$ となる回転数を ω_0 よりも大きくできる。したがって、ブラシレスDCモータ4の運転範囲を高速回転領域まで広げることができ、ひいては冷/暖房定格回転数を ω_0 の約60%よりも大きく設定でき、立上げ時の高速回転を達

【数1】

タの最大出力電流を I_{omax} 、最大出力電圧を V_{omax} とすれば、ブラシレスDCモータ4の電機子巻線電流 i_a 、端子電圧 v_a はそれぞれ数3、数4に示すように制限されることになる。

【0040】

【数3】

$$|i_a| = (i_d^2 + i_q^2)^{1/2} \leq I_{omax}$$

【0041】

【数4】

【0043】

【数5】

ており、この場合には数2、数3、数4はそれぞれ次のとおりになる。

成できる。

【0046】図3はこの発明の制御方法が適用されるブラシレスDCモータの他の構成例を示す概略縦断面図であり、図2のブラシレスDCモータと異なる点は永久磁石42bを回転子鉄心42aの内部に埋込んだ点のみである。図3に示す構成のブラシレスDCモータにおいては、永久磁石42bが回転子鉄心42aに埋込まれている関係上エアギャップを小さくでき、インダクタンス L_d が図2の構成のブラシレスDCモータよりも大きくなる。したがって、誘起電圧を一層低減でき、高速運転領域を一層拡大できる。

【0047】図4は回転子の表面に永久磁石を配置してなるブラシレスDCモータに対して $i_d = 0$ 制御を適用した場合（A）参照）、 $i_d < 0$ 制御を適用した場合（B）参照）、回転子の内部に永久磁石を埋込んでなるブラシレスDCモータに対して $i_d < 0$ 制御を適用した場合（C）参照）の回転数に対するトルクの変化を示す図であり、 $i_d < 0$ 制御を適用することにより高速回転が可能になっていること、および永久磁石を埋込むことにより一層の高速回転が可能になっていることが分る。尚、（C）から明らかなように、永久磁石を埋込ん

だことに起因してインダクタンスが増加しているのを、定速回転領域におけるトルクが大巾に増加している。

【0048】但し、図3に示すように永久磁石42bを回転子鉄心42aに埋込んだ回転子42を有するブラシレスDCモータにおいては、図5に示すようにスロットリプルが大きく、高速回転に伴ってかなり大きな騒音が発生することが知られている。そして、スロットリプルを低減するために積層構造の回転子鉄心42aおよび埋込まれた永久磁石42bを積層方向に複数個に分割するとともに、各分割単位毎に所定角度ずつずらせて回転子42をスキューさせた構成を採用することが効果的であるが、一般的には磁束の短絡を防止するための空隙42cの幅がかなり小さく設定されている（永久磁石42bに対応する回転子鉄心42aの存在範囲を可能な限り大きく確保してブラシレスDCモータの良好な特性を達成している）関係上、スキュー角度をかなり小さく設定しなければならない。この結果、回転子42の分割数が著しく増加し、回転子42自体の構成が複雑化してしまい、製造が困難になるとともにコストアップを招いてしまう。

【0049】図6はこのような不都合を解消し、スキュー角度を大きくでき、ひいては構成を簡素化できる回転子42を概略的に示す縦断面図であり、板状の永久磁石42bを半径方向と直角な方向に向くように回転子鉄心42aに埋込んであるとともに、永久磁石の端面と連通するように磁力線の短絡を防止するための空隙42cを半径方向に形成してある。そして、空隙42cの一方の端部を永久磁石42bの端面外側縁と一致させているとともに、空隙42cの他方の端部を永久磁石42bの端面内側縁よりも内方寄り所定位置に対応させている。

【0050】したがって、回転子鉄心42aの各分割部のスキュー角度を大きくでき、ひいては分割数を少なくできるので、回転子42の構成を簡素化でき、製造を容易化できる。また、図7に示すように、隣合う永久磁石42bの端面外側縁と対向する端部が一致するように空隙42cを形成すれば、空隙42cの幅を一層幅広にできるので、スキュー角度を一層大きくでき、分割数を一層少なくできる。

【0051】図8は回転子鉄心42aを5分割した具体例を示す斜視図、図9は各分割部を示す図であり、回転子鉄心42aの両端部に非磁性体からなる端板42dを配置し、全ての分割部をピン、ボルト等の固定部材42eで一体化している。また、この具体例においては極対数が2であり、スキュー角度が 3.75° であるから、最初の分割部と5番目の分割部との間のスキュー角度は 15° となり、スロット数が24の場合には1スロットに対し電氣的に 360° 回転したのと等価になる。図10は回転子42の回転位置に対応する1相当りの空隙磁束密度の変化を示す図であり、図5と比較して大巾にスロットリプルを低減できたことが分る。また、上記固定

部材42eの配置位置として回転子鉄心42aの磁束変化が少ない位置を選択すれば、磁束の流れの変化を少なくでき、鉄損を減少させてブラシレスDCモータの一層の高効率化を達成できる。この場合において、固定部材42eとしては非磁性体であってもよく、また磁性体であってもよい。また、各分割部間に非磁性体からなる補強板を介在させてもよい。

【0052】さらに、一般に回転子42は冷媒通過用の穴を形成する必要があるが、上記のように広幅に形成された空隙42cを冷媒通過用の穴として機能させることにより、穴形成のための特別の加工を不要にできる。さらにまた、冷媒通過用の穴を別途形成する場合には、エポキシ系接着剤に非磁性体からなる充填材を混入した充填接着剤を空隙42cに充填し、永久磁石をエポキシ系接着剤により固定することにより、固定部材42eを省略できる。尚、充填接着剤による接着固定とバインドワイヤー、非磁性金属管による固定とを併用することももちろん可能であり、この場合には、バインドワイヤーの小径化、金属管の薄肉化が可能である。

【0053】図11(A)は永久磁石の構成を示す斜視図、図11(B)は回転子42の縦断面図であり、図3の構成例と異なる点は永久磁石42bの、他の永久磁石42bと対向する端部が凸曲面に形成されている点のみである。したがって、この構成例においては永久磁石42bの端部への応力集中を低減でき、高速回転時の永久磁石の破損を防止できるので、特別な補強を施す必要がなくなり、回転子42の構成を簡素化できる。

【0054】図12(A)は永久磁石の他の構成例を示す斜視図、図12(B)は回転子42の縦断面図であり、図11の構成例と異なる点は、永久磁石42b自体が湾曲され、中央部が回転子の中心軸側に押入する状態で回転子鉄心42aに埋込まれている点のみである。したがって、この構成例においては永久磁石42bの端部のみならず、ほぼ全範囲にわたって応力集中を低減でき、高速回転時の永久磁石の破損を一層確実に防止できる。

【0055】

【実施例2】図13はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図であり、交流電源1をコンバータ2に供給することにより直流電圧を得、さらにインバータ3に供給することにより三相交流電圧を得、圧縮機4aを駆動するためのブラシレスDCモータ4の電機子巻線に供給している。そして、ブラシレスDCモータ4の電機子電流に基づいて回転位置検出部51により回転子の推定回転位置を検出し、推定回転位置検出信号に基づいて回転速度算出部52によりブラシレスDCモータ4の回転速度を算出する。また、コンバータ2の通電電流を入力電流検出部61により検出し、電流垂下要否判別部62により、検出された入力電流を所定の基準電流と比較することにより電流垂下の要

否を判別し、電流垂下が必要であることを示す判別結果に基づいて回転速度指令低減部 6 3 により回転速度指令を低減する。そして、回転速度偏差算出部 6 4 により、低減された回転速度指令および回転速度算出部 5 2 により算出された実際の回転速度との偏差を算出し、P I 制御部 6 5 において、算出された偏差に対応する電圧指令を得て PWM 制御部 6 6 に供給する。また、回転速度算出部 5 2 により算出された回転速度に基づいて、予め複数の進み位相角が格納されている進み位相角テーブル 6 7 から該当する進み位相角を読み出して PWM 制御部 6 6 に供給しているとともに、回転位置検出部 5 1 により検出された回転子の推定回転位置を PWM 制御のための基準信号として PWM 制御部 6 6 に供給している。この PWM 制御部 6 6 は、ブラシレス DC モータ (4) の電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるべくインバータ (3) に対してスイッチング指令を与える。

【0056】上記進み位相角テーブル 6 7 に予め格納される進み位相角としては、例えば、図 1 4 に示すように、回転速度が低い領域において徐々に進み位相角が増加するように設定されているとともに、回転速度がある程度高い領域において急激に進み位相角が増加するよう

$$\tau = p \phi a i q$$

$$i d = -\phi a / L d + \{ (V a m / \omega L d)^2 - \{ (L q / L d) i q \}^2 \}^{1/2}$$

【0058】この実施例においては、P I 制御部 6 5 から出力される電圧指令のみならず、ブラシレス DC モータ 4 の回転速度に対応して進み位相角テーブル 6 7 から読み出される進み位相角をも入力として PWM 制御部 6 6 によりスイッチング指令を出力するのであるから、インバータ 3 の出力電圧の位相を読み出された進み位相角だけ進めることができ、ひいてはブラシレス DC モータ 4 の電機子巻線に供給される電機子電流の位相をブラシレス DC モータ 4 の誘起電圧の位相よりも所定の位相角だけ進ませることができる。この結果、電機子電流の直軸方向の電流が負になり、結果的にブラシレス DC モータ 4 の誘起電圧が低減されるのであるから、ブラシレス DC モータ 4 の運転範囲の拡大を達成できる。また、インバータ 3 の出力電圧の位相とブラシレス DC モータ 4 の電機子電流の位相とは、ブラシレス DC モータ 4 の回転速度に対応して予め分っているのであるから、回転速度に対応する進み位相角を予め進み位相角テーブル 6 7 に格納しておいて、進み位相角に基づいてインバータ 3 を PWM 制御するだけで、電機子電流の位相をブラシレス DC モータ 4 の誘起電圧の位相よりも所定の位相角だけ進ませることができる。したがって、ブラシレス DC モータ 4 の電機子電流の位相を検出する必要がなくなり、ブラシレス DC モータ駆動装置の構成を簡素化できる。

【0059】さらに、コンバータ 2 の通電電流が所定の限界電流以上になれば、電流垂下が必要であることを示

に設定されており、さらに、回転速度が著しく高い領域において進み位相角がほぼ飽和するように設定されていることが好ましい。このように進み位相角を設定しておけば、ブラシレス DC モータ 4 の誘起電圧が余り問題にならない低回転速度領域においては進み位相角を十分に小さくしてほぼ通常のインバータ制御を行ない、回転速度がある程度高くなった高回転速度領域において進み位相角を十分に大きくしてブラシレス DC モータ 4 の誘起電圧低減効果を十分に発揮させ、高回転速度領域まで運転範囲を拡大できる。尚、それ以上の高回転速度領域においては、進み位相角が過大になることに伴う不都合を解消させるべく進み位相角をほぼ飽和させている。具体的には、例えば、ブラシレス DC モータ 4 に要求される発生トルク、電機子電流の直軸方向の電流 $i d$ および横軸方向の電流 $i q$ の関係を規定する数 6 に基づいて回転速度に対応する進み位相角を算出できる。但し、 $V a m$ はブラシレス DC モータ 4 の端子電圧の上限値、 p は突極係数である。

【0057】

【数 6】

す判別結果が電流垂下要否判別部 6 2 から出力され、回転速度指令低減部 6 3 により回転速度指令を低減する。したがって、コンバータ 2 の通電電流の異常な増加を防止でき、インバータ容量を最大限に活用することが可能になる。

【0060】

【実施例 3】図 1 5 はこの発明のブラシレス DC モータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、図 1 3 の実施例と異なる点は、回転速度偏差算出部 6 4 により算出された回転速度の偏差を入力として進み位相角に対する補正量を算出する進み位相角補正演算部 6 8 と、算出された補正量に基づいて、進み位相角テーブル 6 7 から読み出された進み位相角を補正する進み位相角補正部 6 9 と、補正された進み位相角が所定の限界進み位相角を越えないように制限して PWM 制御部 6 6 に供給する進み位相角制限部 7 0 とをさらに含んでいる点のみである。

【0061】したがって、この実施例の場合には、回転速度指令が実際の回転速度よりも大きい場合に進み位相角テーブル 6 7 から読み出された進み位相角を大きくすべく補正を行ない、逆に、回転速度指令が実際の回転速度以下の場合に進み位相角補正演算部 6 8 から出力される補正量を減少させ、補正後の進み位相角を進み位相角テーブル 6 7 から読み出された進み位相角に近づける。また、この実施例の場合には、進み位相角補正演算部 6 8 により得られる補正量によっては補正後の進み位相角

が大きくなりすぎる場合があるので、進み位相角制限部70により過大な進み位相角を制限し、不都合のないブラシレスDCモータ4の駆動を達成する。

【0062】以上の説明から明らかなように、進み位相角テーブル67から読み出した進み位相角に対して補正を行なうようにしているので、進み位相角テーブル67の内容が誤差を含んでいても、補正を施すことにより、誤差のない進み位相角に基づく制御を達成できる。

【0063】

【実施例4】図16はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、図15の実施例と異なる点は、回転速度指令低減部63を省略しているとともに、進み位相角補正演算部68として、回転速度偏差算出部64により算出された回転速度の偏差および電流垂下要否判別部62からの判別結果を入力として進み位相角に対する補正量を算出するものを採用した点のみである。

【0064】したがって、この実施例の場合には、実施例3の作用に加えて、電流垂下が必要な場合に、進み位相角補正演算部68により負の進み位相補正量を算出し、補正後の進み位相量を小さくできるのであり、しかも、PI制御部65を経由させることなくPWM制御部66に電流垂下が必要であることを反映できるので、電流垂下が必要な場合のPWM制御を高速にかつ精度よく達成できる。

【0065】

【実施例5】図17はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、図15の実施例と異なる点は、進み位相角補正演算部68として、回転速度偏差算出部64により算出された回転速度の偏差および入力電流検出部61からの入力電流検出信号を入力として進み位相角に対する補正量を算出するものを採用した点のみである。

【0066】したがって、この実施例の場合には、実施例3の作用に加えて、回転速度偏差算出部64により算出された回転速度の偏差がほぼ0の場合に、コンバータ2の通電電流が最小になるように進み位相角を補正でき、ブラシレスDCモータ4の、より高効率な運転を達成できる。

【0067】

【実施例6】図18はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、交流電源1をコンバータ2に供給することにより直流電圧を得、さらにインバータ3に供給することにより三相交流電圧を得、圧縮機4aを駆動するためのブラシレスDCモータ4の電機子巻線に供給している。そして、コンバータ2の通電電流を入力電流検出部61により検出し、電流垂下要否判別部62により、検出された入力電流を所定の基準電流と比較することにより電流垂下の要否を判別し、電流垂下が必要であることを示す判別結果

に基づいて回転速度指令低減部63により回転速度指令を低減する。また、回転速度指令低減部63により低減された回転速度指令およびインバータ3における通電電流に基づいて出力電圧演算部71により出力電圧を算出し、回転速度指令に基づいて、予め複数の進み位相角が格納されている進み位相角テーブル67から該当する進み位相角を読み出して、出力電圧補正演算部72により出力電圧を補正して電圧指令を得、PWM制御部66に供給する。このPWM制御部66は電圧指令に基づいて定まるスイッチング指令をインバータ3に供給する。

【0068】上記の構成のブラシレスDCモータ駆動装置の作用は次のとおりである。回転速度指令を回転速度指令低減部63を介して出力電圧演算部71に供給しているのであるから、コンバータ2の通電電流が過大でない場合には回転速度指令がそのまま出力電圧演算部71に供給され、コンバータ2の通電電流が過大である場合には回転速度指令を低減して得られる新たな回転速度指令が出力電圧演算部71に供給される。この出力電圧演算部71には、インバータ3における通電電流も供給されているのであるから、通電電流に基づいて出力電圧演算部71における出力電圧の演算を制御することにより、ブラシレスDCモータ4の回転子の推定位置を基準とする出力電圧演算結果を得ることができる。また、回転速度指令を進み位相角テーブル67に供給して回転速度指令に対応する進み位相角を読み出すことができ、上記出力電圧演算結果と共に出力電圧補正演算部72に供給する。この出力電圧補正演算部72においては、読み出された進み位相角だけインバータ3の出力電圧の位相をブラシレスDCモータ4の誘起電圧の位相よりも所定の位相角だけ進ませるべく電圧指令を算出してPWM制御部66に供給するのであるから、インバータ3に対してスイッチング指令を与え、インバータ3の出力電圧の位相をブラシレスDCモータ4の誘起電圧の位相よりも所定の位相角だけ進ませることができる。

【0069】以上の説明から明らかなように、ブラシレスDCモータ4の電機子の推定回転位置を検出するための回転位置検出部51および回転速度演算部52を省略できるので構成を簡素化でき、しかもインバータ3の通電電流に基づいて出力電圧演算部71を制御して回転子の推定回転位置の検出に基づく処理と等価な処理を達成でき、この結果、ブラシレスDCモータ4の誘起電圧が低減されるのであるから、ブラシレスDCモータ4の運転範囲の拡大を達成できる。

【0070】

【実施例7】図19はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、図18の実施例と異なる点は、回転速度指令とインバータ3の出力周波数との差を算出して回転速度偏差として出力する回転速度偏差演算部73と、回転速度偏差に基づいて進み位相角の補正量を算出する進み位相角補正演

算部68と、算出された補正量に基づいて、進み位相角テーブル67から読み出された進み位相角を補正する進み位相角補正部69と、補正された進み位相角が所定の限界進み位相角を越えないように制限して出力電圧補正演算部72に供給する進み位相角制限部70とをさらに含んでいる点のみである。

【0071】したがって、この実施例の場合には、回転速度指令が実際の回転速度よりも大きい場合に進み位相角テーブル67から読み出された進み位相角を大きくすべく補正を行ない、逆に、回転速度指令が実際の回転速度以下の場合に進み位相角補正演算部68から出力される補正量を減少させ、補正後の進み位相角を進み位相角テーブル67から読み出された進み位相角に近づける。また、この実施例の場合には、進み位相角補正演算部68により得られる補正量によっては補正後の進み位相角が大きくなりすぎる場合があるので、進み位相角制限部70により過大な進み位相角を制限し、不都合のないブラシレスDCモータ4の駆動を達成する。

【0072】以上の説明から明らかなように、進み位相角テーブル67から読み出した進み位相角に対して補正を行なうようにしているので、進み位相角テーブル67の内容が誤差を含んでいても、補正を施すことにより、誤差のない進み位相角に基づく制御を達成できる。

【0073】

【実施例8】図20はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、図19の実施例と異なる点は、回転速度指令低減部63を省略しているとともに、進み位相角補正演算部68として、回転速度偏差算出部73により算出された回転速度の偏差および電流垂下要否判別部62からの判別結果を入力として進み位相角に対する補正量を算出するものを採用した点のみである。

【0074】したがって、この実施例の場合には、実施例7の作用に加えて、電流垂下が必要な場合に、進み位相角補正演算部68により負の進み位相補正量を算出し、補正後の進み位相量を小さくできるのであり、しかも、出力電圧演算部71を経由させることなく出力電圧補正演算部72に電流垂下が必要であることを反映できるので、電流垂下が必要な場合のPWM制御を高速にかつ精度よく達成できる。

【0075】

【実施例9】図21はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置のさらに他の実施例を示すブロック図であり、図19の実施例と異なる点は、進み位相角補正演算部68として、回転速度偏差算出部73により算出された回転速度の偏差および入力電流検出部61からの入力電流検出信号を入力として進み位相角に対する補正量を算出するものを採用した点のみである。

【0076】したがって、この実施例の場合には、実施例7の作用に加えて、回転速度偏差算出部73により算

出された回転速度の偏差がほぼ0の場合に、コンバータ2の通電電流が最小になるように進み位相角を補正でき、ブラシレスDCモータ4の、より高効率な運転を達成できる。尚、この発明は上記の実施例に限定されるものではなく、例えば、電機子電流の直軸方向の電流を負にできればよいのであるから、電機子電流の位相またはインバータ3の出力電圧の位相を誘起電圧の位相よりも進める方法以外の方法を採用することが可能であるほか、圧縮機以外の負荷を駆動するブラシレスDCモータに適用することが可能であり、その他、この発明の要旨を変更しない範囲内において種々の設計変更を施すことが可能である。

【0077】

【発明の効果】以上のように請求項1の発明は、インバータにより電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるだけで誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できるという特有の効果を奏する。請求項2の発明は、回転子鉄心に永久磁石を埋込んでインダクタンスを大きく設定しているので、誘起電圧を大巾に低減でき、この結果、より高速の回転を達成できるという特有の効果を奏する。

【0078】請求項3の発明は、請求項1または請求項2の効果に加え、圧縮機の定格回転数を従来の制御による最高回転数の60%以上にでき、圧縮機駆動の高効率化を達成できるという特有の効果を奏する。請求項4の発明は、インバータにより電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませるだけで誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できるという特有の効果を奏する。

【0079】請求項5の発明は、ブラシレスDCモータの回転速度に対応して予め定められている進み位相角を進み位相角保持手段から出力し、出力された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できるという特有の効果を奏する。

【0080】請求項6の発明は、進み位相角保持手段に保持されている進み位相角が正確でない場合であっても、進み位相角補正手段により補正されかつ必要に応じて制限された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成できるという特有の効果を奏する。

【0081】請求項7の発明は、請求項6の効果に加え、電流垂下が必要であると判別された場合には進み位相角補正手段により進み位相角が小さくなるように補正を行なうので、電流垂下を高速に、かつ高精度に達成できるという特有の効果を奏する。請求項8の発明は、請

求項6の効果に加え、電流垂下が必要であることを示す判別結果に基づいて回転速度指令を低下させるべく補正して電流垂下を高速かつ高精度に達成できるとともに、コンバータ通電電流に基づいて進み位相角の補正も行なうのでコンバータ通電電流を最小とすべくインバータ制御を行ない、一層高効率のブラシレスDCモータの駆動を達成できるという特有の効果奏する。

【0082】請求項9の発明は、回転速度指令に対応して予め定められている進み位相角を進み位相角保持手段から出力し、出力された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成でき、しかも、回転子の回転位置および回転速度を検出する機構、電気回路等を不要にできるので、構成を簡素化できるという特有の効果奏する。

【0083】請求項10の発明は、進み位相角保持手段に保持されている進み位相角が正確でない場合であっても、進み位相角補正手段により補正されかつ必要に応じて制限された進み位相角をも考慮してスイッチング指令出力手段からスイッチング指令を出力してインバータに供給することにより、ブラシレスDCモータの電機子電流の位相を誘起電圧よりも進ませて誘起電圧を低減でき、この結果、高速回転を達成でき、しかも回転子の回転位置および回転速度を検出する機構、電気回路等を不要にできるので、構成を簡素化できるという特有の効果奏する。

【0084】請求項11の発明は、請求項10の効果に加え、電流垂下が必要であると判別された場合には進み位相角補正手段により進み位相角が小さくなるように補正を行なうので、電流垂下を高速に、かつ高精度に達成できるという特有の効果奏する。請求項12の発明は、請求項10の効果に加え、電流垂下が必要であることを示す判別結果に基づいて回転速度指令を低下させるべく補正して電流垂下を高速かつ高精度に達成できるとともに、コンバータ通電電流に基づいて進み位相角の補正も行なうのでコンバータ通電電流を最小とすべくインバータ制御を行ない、一層高効率のブラシレスDCモータの駆動を達成できるという特有の効果奏する。

【0085】請求項13の発明は、回転子鉄心に永久磁石を埋込んでインダクタンスを大きく設定しているので、誘起電圧を大巾に低減でき、この結果、より高速の回転を達成できるという特有の効果奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のブラシレスDCモータ制御装置の一実施例を概略的に示すブロック図である。

【図2】この発明の制御方法が適用されるブラシレスDCモータの構成の一例を示す概略縦断面図である。

【図3】この発明の制御方法が適用されるブラシレスDC

Cモータの他の構成例を示す概略縦断面図である。

【図4】回転子の表面に永久磁石を配置してなるブラシレスDCモータに対して $i_d = 0$ 制御を適用した場合、 $i_d < 0$ 制御を適用した場合、回転子の内部に永久磁石を埋込んでなるブラシレスDCモータに対して $i_d < 0$ 制御を適用した場合の回転数に対するトルクの変化を示す図である。

【図5】スキュー角度が 0° の回転子を有するブラシレスDCモータの、回転子の回転位置に対応する1相当りの空隙磁束密度の変化を示す図である。

【図6】スキュー角度を大きく設定できる回転子の一例を示す概略縦断面図である。

【図7】スキュー角度を大きく設定できる回転子の他の例を示す概略縦断面図である。

【図8】回転子鉄心を5分割した具体例を示す斜視図である。

【図9】図8の具体例の各分割部を示す図である。

【図10】図8の具体例における、回転子の回転位置に対応する1相当りの空隙磁束密度の変化を示す図である。

【図11】この発明の制御方法が適用されるブラシレスDCモータの構成のさらに他の例を示す概略縦断面図である。

【図12】この発明の制御方法が適用されるブラシレスDCモータの他の構成例を示す概略縦断面図である。

【図13】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図14】進み位相角テーブルに予め格納される進み位相角と回転速度との関係を示す概略図である。

【図15】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図16】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図17】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図18】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図19】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図20】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図21】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の他の実施例を示すブロック図である。

【図22】回転子鉄心の周縁に永久磁石を貼り付けてなる回転子を有するブラシレスDCモータの特性を示す図である。

【図23】最高回転数を高く設定した場合のブラシレスDCモータの特性を示す図である。

【図24】回転数の変動に対応するブラシレスDCモータの効率を示す図である。

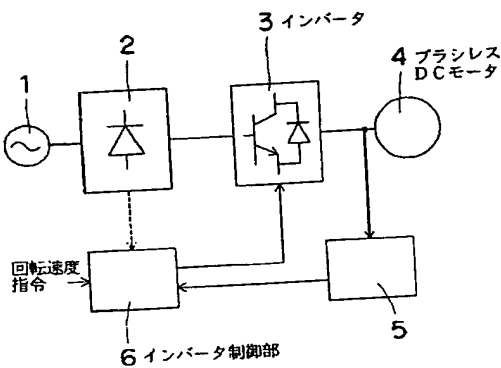
(13)

【符号の説明】

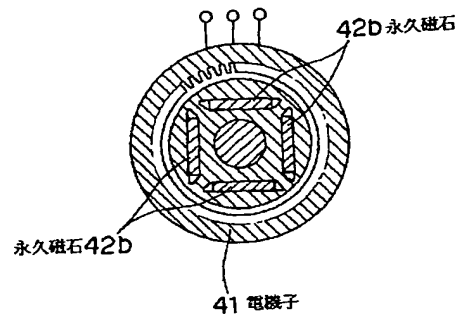
- 3 インバータ 4 ブラシレスDCモータ 6
インバータ制御部
41 電機子 42 回転子 42a 回転子鉄心
42b 永久磁石
51 回転位置検出部 52 回転速度算出部 6
1 入力電流検出部
62 電流垂下要否判別部 63 回転速度指令低減

- 部
66 PWM制御部 67 進み位相角テーブル
68 進み位相角補正演算部 69 進み位相角補正
部
70 進み位相角制限部 71 出力電圧演算部
72 出力電圧補正演算部 73 回転速度偏差演算
部

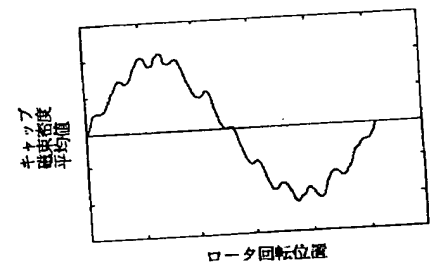
【図1】



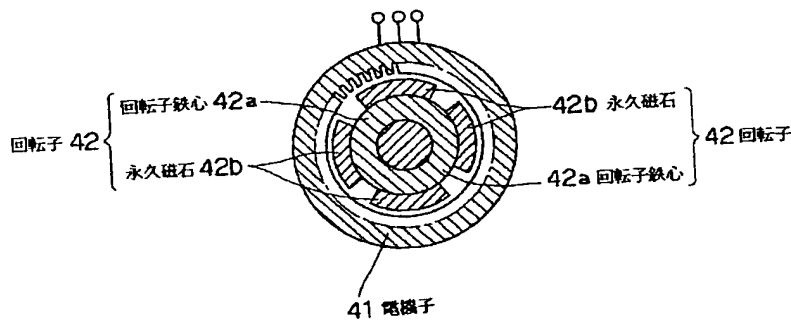
【図3】



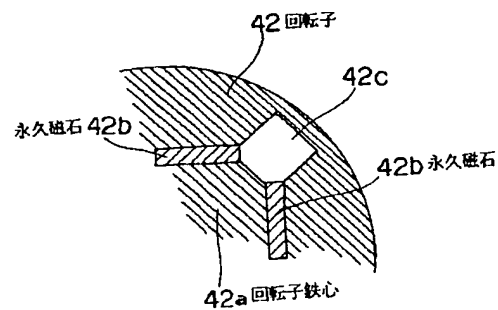
【図5】



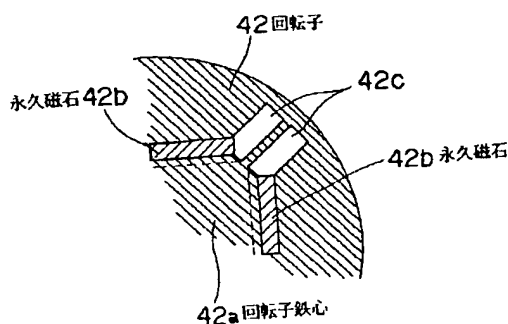
【図2】



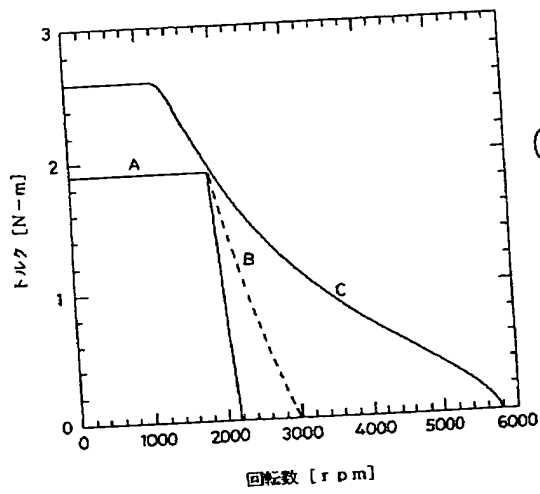
【図7】



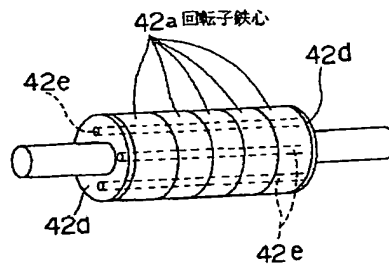
【図6】



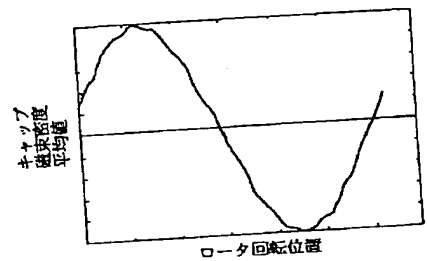
【図4】



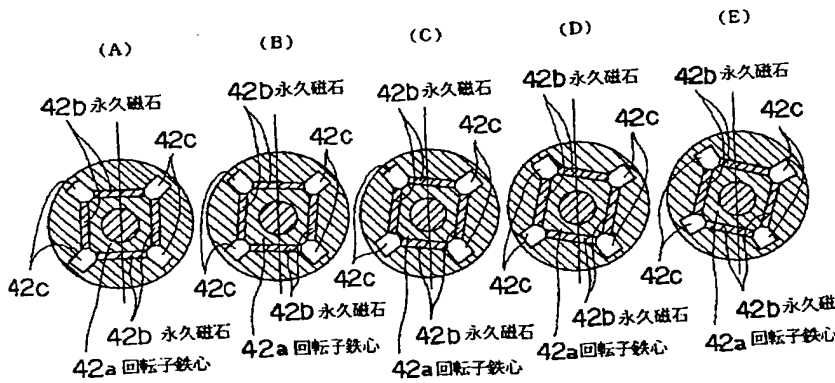
【図8】



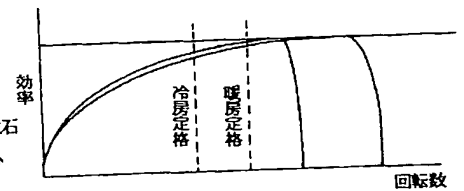
【図10】



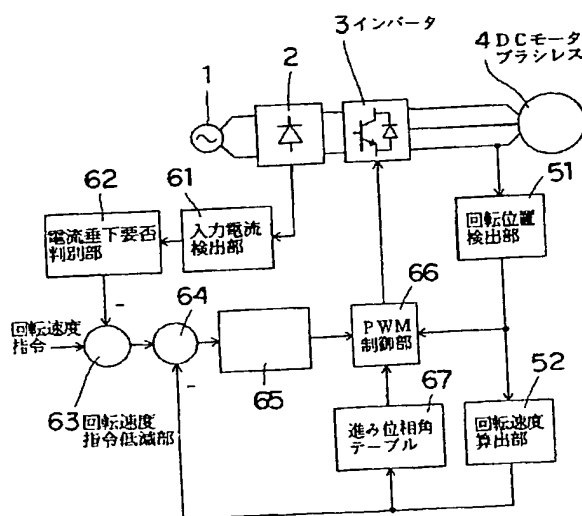
【図9】



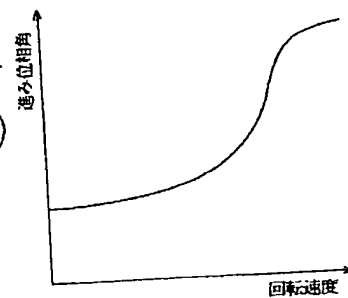
【図24】



【図13】

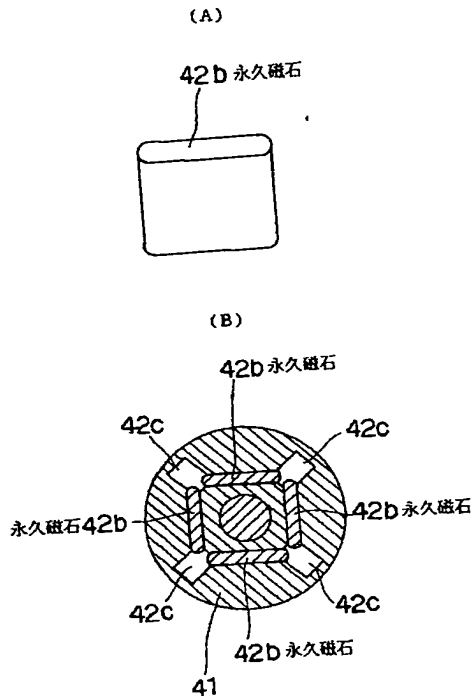


【図14】

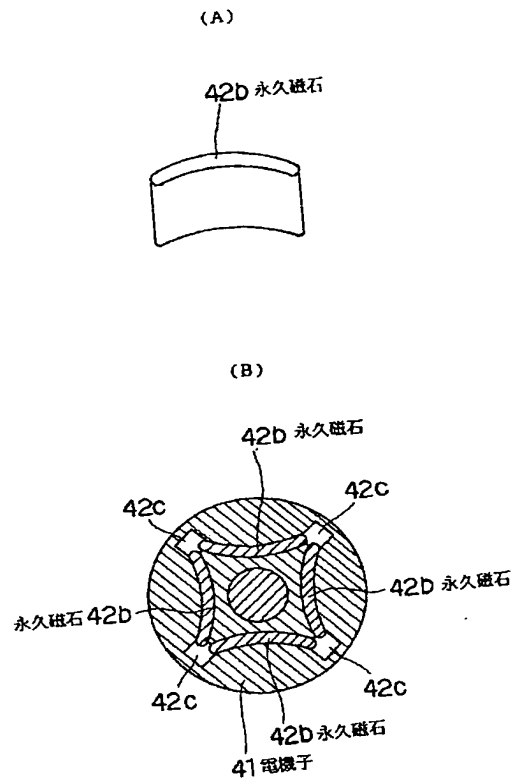


(15)

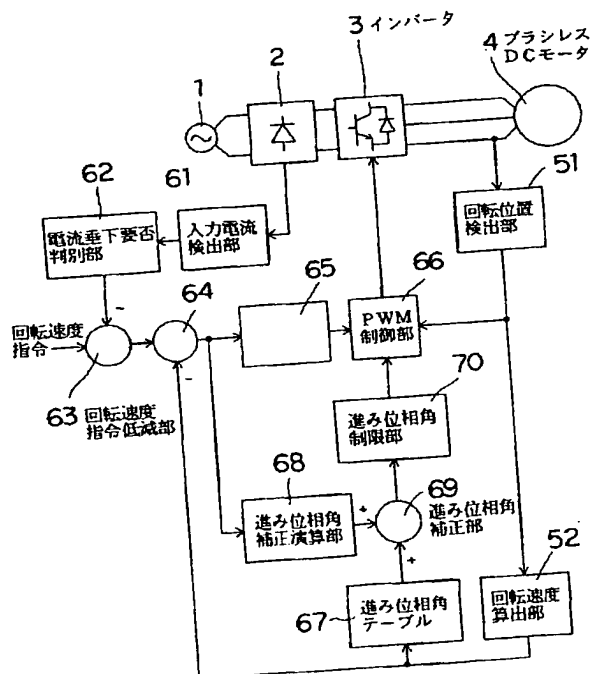
【図11】



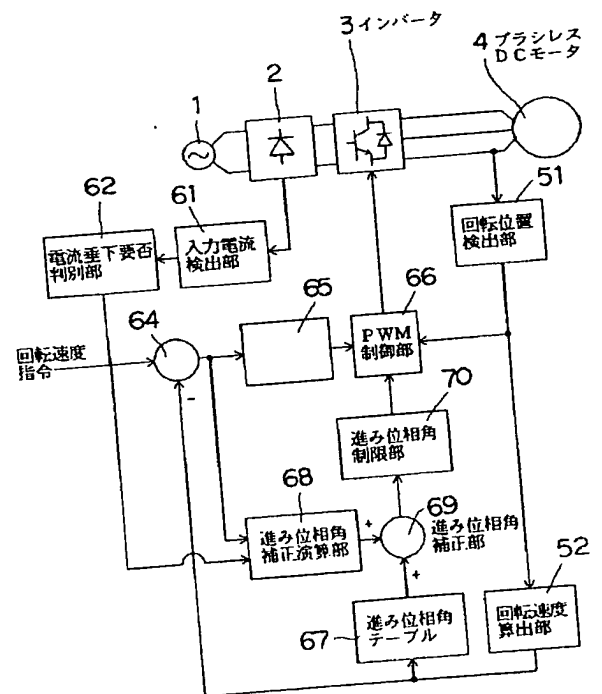
【図12】



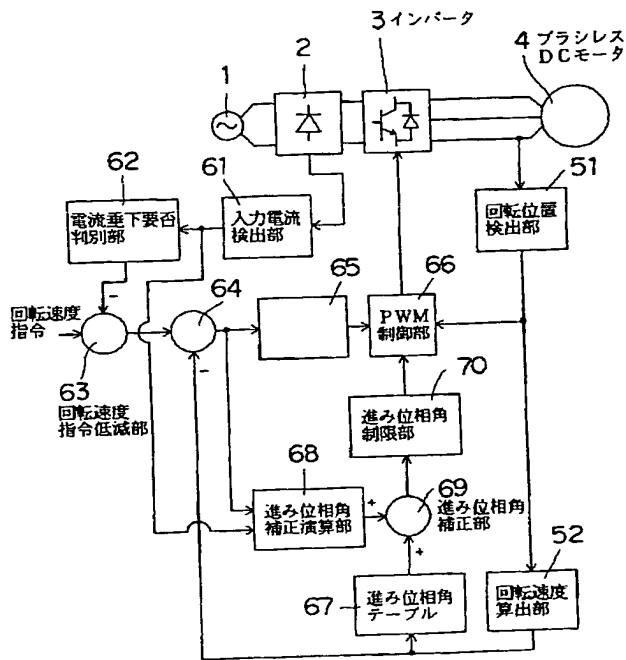
【図15】



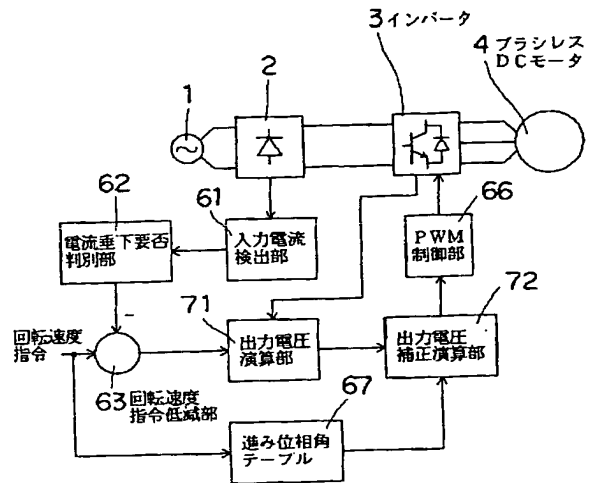
【図16】



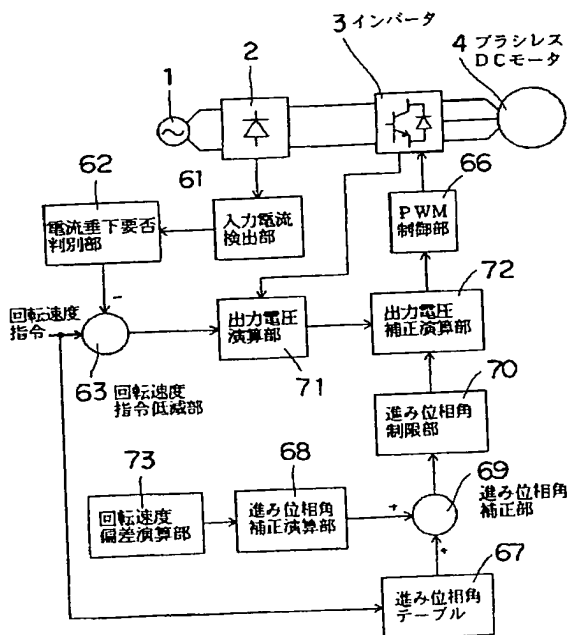
【図17】



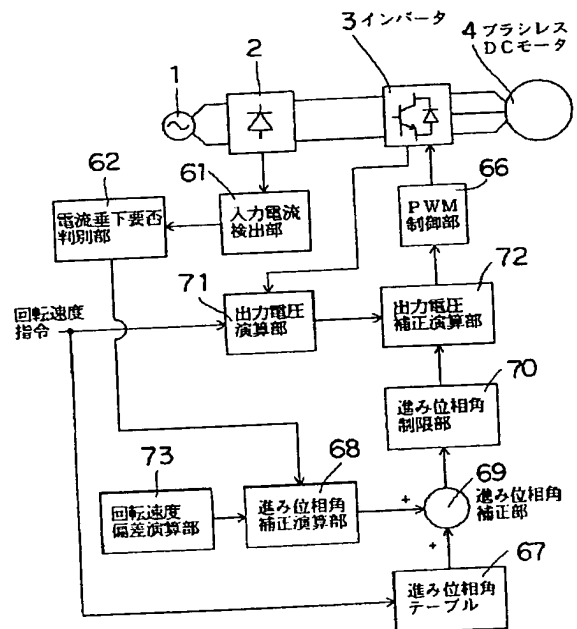
【図18】



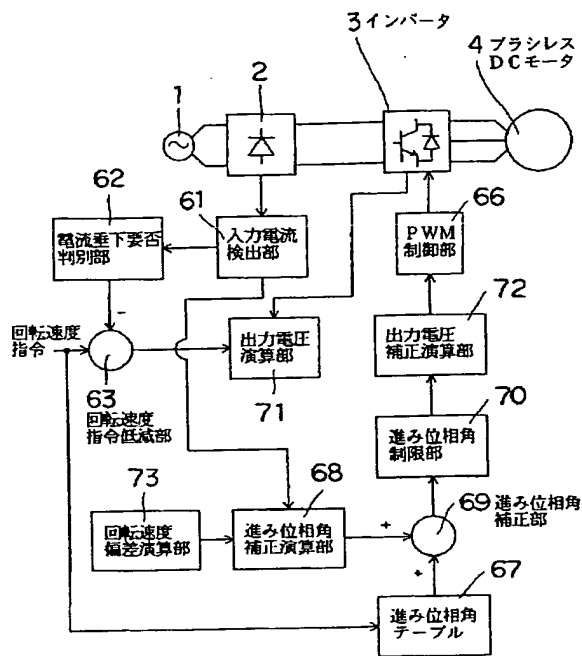
【図19】



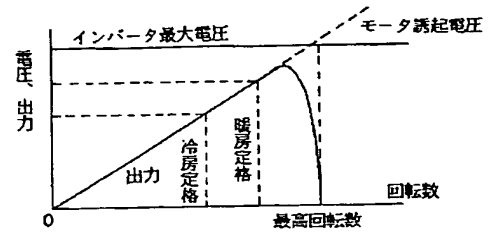
【図20】



【図21】



【図22】



【図23】

